

## IDENTIFIKASI KONTRIBUSI PENCEMARAN $PM_{10}$ MENGGUNAKAN METODE RESEPTOR *CHEMICAL MASS BALANCE* (CMB) (STUDI KASUS: KOTA PEKANBARU, PROVINSI RIAU)

Julius Alex Fernando <sup>\*)</sup>, Haryono S. Huboyo <sup>\*\*)</sup>, Badrus Zaman <sup>\*\*)</sup>

Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto, S.H Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

email : [juliusalx95@gmail.com](mailto:juliusalx95@gmail.com)

### Abstrak

Konsentrasi tinggi dari partikulat menjelaskan masalah utama dalam kualitas udara di Riau, khususnya di Pekanbaru, Ibukota dari Provinsi Riau di Indonesia, bencana kabut asap pada pertengahan 2015 menyebabkan polusi udara yang sangat buruk bagi kesehatan masyarakat dan mengganggu berbagai aktivitas penduduk sehari-hari dari Agustus hingga November 2015. Aplikasi model reseptor untuk studi kontributor  $PM_{10}$  dapat memberikan gambaran untuk membantu masalah ini. Model reseptor US-EPA Chemical Mass Balance (CMB) versi 8.2 diterapkan pada sejumlah data  $PM_{10}$  ambien yang dikumpulkan di stasiun monitoring Sukajadi untuk pusat pemantauan kualitas udara BLH Kota Pekanbaru, dengan tujuan memperkirakan sumber-sumber  $PM_{10}$  yang potensial. Hal ini dilakukan dengan mengkuantifikasi kontribusi sumber emisi seperti transportasi, aktivitas industri dan khususnya dampak dari kebakaran lahan gambut di area tersebut, berdasarkan kondisi aktual dari penggunaan lahan dan kondisi angin. Dalam metode chemical mass balance diperlukan profil sumber sebagai data input, oleh karena itu digunakan data dari EPA speciate versi 3.2 untuk fraksi massa dari spesies kimia yang terkandung pada tiap profil sumber. Profil ini meliputi transportasi, material geologi/debu tanah, kebakaran lahan gambut, dan partikel sekunder berupa ammonium nitrat dan ammonium sulfat.

**Kata kunci:**  $PM_{10}$ , model reseptor, kontribusi sumber, profil sumber

### Abstract

**[Identification of  $PM_{10}$  Pollution Contribution using Chemical Mass Balance (CMB) Receptor Method (Case Study: Pekanbaru City, Riau)].** High concentration of fine particulate matter currently represent the main air quality problem in Riau, especially in Pekanbaru, the capital city of Riau Province in Indonesia, disaster haze in mid 2015 result in air pollution so bad for people's health and disrupt the activities of society from August until November 2015. The application of receptor models for source apportionment can provide useful insight into this problem. The US-EPA Chemical Mass Balance v8.2 receptor model was applied to a set of  $PM_{10}$  data collected in Sukajadi monitoring station for Pekanbaru Environmental State Agency (BLH) urban air quality monitoring, with the goal of estimating the impact of different local emission sources on  $PM_{10}$  concentrations, of quantifying the sources contribution such as transportation, industrial activity, and especially the impact of peat burning in that area, and investigating the source profile based on actual conditions, such as landuse and winds. Since the chemical mass balance method also requires source profile to be known, EPA Speciate database v3.2 was provided to quantify mass abundances of chemical species in each profiles. Those profile include emission from transportation, geological material/soil dust, peat field combustion, and secondary particle (ammonium nitrate and ammonium sulfate).

**Keywords:**  $PM_{10}$ , receptor model, souce contribution, source profile

## 1. Latar Belakang

Bencana kabut asap yang melanda wilayah provinsi Riau pada tahun 2015 merupakan akibat dari kebakaran lahan. Bencana kabut asap ini menimbulkan pencemaran udara sehingga berdampak buruk bagi kesehatan masyarakat dan mengganggu berbagai aktivitas masyarakat sehari-hari. Pencemaran udara yang ditimbulkan akibat kebakaran lahan diatas mengandung berbagai zat pencemar diantaranya seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), partikel-partikel (*particulate*), hidrokarbon serta zat kimia organik lainnya. Kebakaran lahan ini merupakan salah satu penyebab pencemaran udara.

Particulate matter (PM) adalah istilah untuk partikel padat atau cair yang ditemukan di udara. Partikel padat dalam asap ini akan menghamburkan sinar matahari sehingga mengganggu pandangan. PM<sub>10</sub> (*particulate matter 10*) adalah partikulat aerodinamik berdiameter kurang dari 10 mikrometer hasil aktivitas manusia banyak berasal dari kendaraan bermotor dan industry (Haq, et al., 2002), yang menghasilkan emisi partikulat dan hidrokarbon yang tinggi.

Atmosfer merupakan suatu sistem yang sangat kompleks dan diperlukan suatu penyederhanaan deskripsi untuk menghasilkan model matematis yang dapat dihitung mealui perhitungan manual maupun melalui komputerisasi. Meskipun selama 20 tahun terakhir telah didapat perkembangan yang cukup signifikan, masih terdapat banyak contoh ketika model tidak mencukupi untuk memberikan perkembangan secara menyeluruh kepada strategi manajemen kualitas udara yang efektif dan efisien. Sehingga, sangat penting untuk memiliki metode lain untuk membantu identifikasi dari sumber dan distribusi dari konsentrasi polutan di udara dari sumber-sumber tersebut. Metode ini dikenal dengan istilah *receptor-oriented* atau metode reseptor atau *source apportionment*, karena fokus dari metode ini ada pada pengamatan kondisi aktual dari udara ambien di titik/area yang telah ditentukan. Model ini diterapkan dengan memulai pemantauan pada

polutan pada area penerima, ditambah informasi spesies kimia yang ada beserta konsentrasi relative spesies tersebut dari sumber yang potensial, untuk kemudian diidentifikasi sumber polutan tersebut (Miller et al. 2002, dalam Haupt dan Young, 2004).

*Receptor model* telah banyak dipakai sebagai teknik dalam studi identifikasi sumber polusi udara. *Chemical mass balance* model reseptor dapat menganalisis komposisi dari partikulat dan membandingkannya dengan profil sumber, komposisi kimia emisi dari berbagai sumber seperti kendaraan, debu jalanan yang tersuspensi ataupun kebakaran hutan. Perbandingan ini memudahkan estimasi kontribusi dari sumber yang berbeda-beda terhadap sampel partikulat dari ambien yang dikumpulkan

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Pencemaran Udara

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara bahwa pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

#### 2.1.1 Sumber Pencemaran Udara

Sumber pencemaran dapat merupakan kegiatan yang bersifat alami (Natural) serta sumber yang berasal dari kegiatan Antropogenik. Contoh sumber pencemaran udara alami adalah pencemaran udara yang dihasilkan dari aktivitas vulkanik/gunung berapi, kebakaran hutan,dekomposisi biotik, debu, sporan dan lain-lain. Pencemaran udara akibat aktivitas manusia (kegiatan antropogenik), secara kuantitatif lebih besar. Untuk kategori ini sumber-sumber pencemaran dibagi dalam pencemaran akibat aktivitas transportasi, industry, dari persampahan, baik akibat dekomposisi ataupun pembakaran, dan rumah tangga (Soedomo, 2001).

## 2.2. Karakteristik Partikulat

Partikel atmosfer berasal dari berbagai sumber dan memiliki tingkatan karakter bentuk, fisika, kimia, dan termodinamika. Sebagai contoh yaitu partikel yang dihasilkan oleh pembakaran, seperti karbon hitam (*soot*) diesel ataupun *fly ash*. Partikel dari proses fotokimia, partikel garam dari air laut, dan partikel tanah beserta *resuspended dust*-nya. Partikel dapat berbentuk *solid* maupun *liquid*, terdapat juga yang berbentuk *solid* yang dikelilingi oleh *liquid*. Partikel di atmosfer terdiri atas ion-ion anorganik, komponen logam, organik, geologis dan karbon elemental (EPA, 2001).

## 2.3 Proses Pembentukan Partikel

Partikulat di atmosfer merupakan campuran yang kompleks dari berbagai spesies kimia yang berasal dari berbagai sumber. Komposisi, bentuk, karakter, fisik dan termodinamikanya sangat beragam berdasarkan tempat asal dan memiliki variabilitas musiman. Pembentukan partikel berasal dari proses nukleasi, yaitu kondensasi dari zat dengan tekanan uap rendah yang dibentuk oleh penguapan suhu tinggi atau reaksi kimia di atmosfer dan membentuk partikel baru (*nuclei*). Jadi, partikel dapat berasal dari berbagai sumber, dapat bergabung dari beragam komponen kimia, dan partikel tersebut dapat mengalami proses koagulasi untuk membentuk partikel baru. Oleh karena itu, partikel di atmosfer dapat dikatakan campuran dari beragam campuran. Aerosol merupakan pengertian dari komponen *solid* maupun *liquid*, yang tersuspensi di udara. Istilah aerosol kadangkala dimaksudkan hanya sebagai partikel tersuspensi saja (EPA, 2004).

## 2.4 Polutan Partikulat

Partikulat merupakan pencemar udara yang paling "prevalens". Partikulat berada di atmosfer dalam bentuk suspensi, yang terdiri atas partikel – partikel padat dan cair, yang berukuran kurang dari 100 mikron hingga kurang dari 0.01 mikron. Partikulat yang berukuran 10 mikron dan tergantung di udara ambient dapat memudahkan cahaya dan berperilaku seperti gas. Partikel – partikel kecil

ini juga disebut dengan aerosol ( Soedomo, 2001)

## 2.5 Sumber Emisi Polutan Partikulat

Partikulat di atmosfer dibagi menjadi partikel primer dan sekunder. Konsentrasi massa di udara ambient mengandung partikel primer dan sekunder. Partikel primer langsung diemisikan melalui sumber yang terkait, umumnya partikel ini mengalami beberapa perubahan pada saat dilepaskan dari sumber menuju reseptor. Sumber sekunder merupakan partikulat yang dihasilkan dari serangkaian reaksi kompleks di atmosfer.

### 2.5.1 Partikel Primer

Partikel primer adalah partikel polutan partikulat yang diemisikan langsung dari sumbernya (EPA, 2006).

### 2.5.2 Partikel Sekunder

Gas prekursor untuk partikel sekunder terbagi atas sumber alami dan antropogenik, seperti layaknya partikel primer. Partikel yang paling sering muncul adalah nitrat dan sulfat. Fraksi ini cukup substansial untuk partikel halus terutama pada musim panas, partikel sulfat dan nitrat terbentuk sebagai hasil dari reaksi atmosfer. Reaksi ini melibatkan perubahan gas  $\text{SO}_2$  menjadi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (yang membentuk partikel *liquid*) dipicu oleh reaksi OH radikal dengan  $\text{SO}_2$  dengan  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$ , atau  $\text{O}_2$  (dipercepat oleh Fe dan Mn). Reaksi heterogen ini dapat muncul pada butiran kabut, awan ataupun pada film di partikel atmosfer.  $\text{NO}_2$  juga dioksidasi menjadi  $\text{HNO}_3$  dengan reaksi bersama OH radikal pada siang hari. Pada malam yang mengandung ammonium nitrat mudah menguap dan dapat berubah menjadi fase gas ataupun partikel sesuai dengan kesetimbangan kimia (EPA, 1998).

## 2.6 Komposisi Penyusun Partikulat di Udara Ambient

Pencemaran partikulat terdiri atas campuran partikel *solid* dan (atau) *liquid* yang tersuspensi di udara. Partikulat di udara bebas mewakili

berbagai campuran kompleks substansi organik dan inorganik. Partikel yang lebih besar biasanya mengandung material kerak bumi dan debu-debu dari industri dan jalanan. Sedangkan partikel halus kebanyakan mengandung ion hidrogen (asam) dan aktivitas mutagenik dari partikulat, meskipun di dalam kabut beberapa butiran asam kasar (*coarse*) juga muncul. (Harrison dan Yin, dalam Vallius, 2005).

### 2.7 Model Reseptor

Pembandingan emisi dari sumber terhadap dampak secara kuantitatif merupakan penjabaran untuk studi kontribusi sumber. Studi kontribusi mengenai partikulat dalam pengertian secara umum adalah estimasi kuantitatif dari kontribusi berbagai kategori sumber terhadap konsentrasi dari partikulat yang terukur di atmosfer, berdasarkan karakteristik fisika dan kimia dari variasi komponen partikulat (Vallius, 2005).

### 2.8 Model dan Aplikasi Chemical Mass Balance

*Chemical Mass Balance* (CMB) dapat dengan efektif digunakan dalam mengidentifikasi dan membagi sumber pencemar partikulat dengan karakteristik elemennya telah diidentifikasi. Metode ini telah dilakukan kepada beberapa kasus PM10 di Amerika Serikat dengan cukup baik (EPA, 1998). Komposisi kimia dari data untuk setiap filter sampel udah dimasukkan ke dalam analisis *chemical mass balance* (CMB) menggunakan program CMB dari EPA. Model CMB menghitung nilai kontribusi dari tiap sumber dan memperkirakan ketidakpastian nilai (*uncertainties*) dari kontribusi sumber-sumber tersebut.

#### 2.8.1 Profil Sumber pada Aplikasi CMB

Profil sumber adalah fraksi dari total massa spesies kimia pada sumber emisi. Profil ini dibuat untuk menjelaskan sebuah kategori dari sumber-sumber yang ada. Selain dari hasil komposisi massa dari partikulat atau *volatile*

*organic compounds* (VOCs) yang dianalisa, data input utama dari CMB adalah profil sumber. Apabila terjadi kemiripan antara profil sumber (kolinieritas), maka model dari CMB tidak akan dapat diselesaikan (EPA, 1998).

#### 2.8.2 Kategori Sumber Emisi

Inventarisasi emisi harus dilakukan sebelum penentuan kontribusi melalui CMB, sebagai acuan profil sumber dan komponen spesies kimia yang harus dianalisa. Untuk studi pada model reseptor, kategori spesifik harus dibagi menjadi kelompok yang lebih umum berdasarkan persamaan profil sumber emisi. Pengelompokan ini juga didapat dari profil yang ada atau melalui studi model reseptor yang telah dilakukan sebelumnya mengenai model reseptor (EPA, 1998).

### 2.9 Prinsip Matematika CMB

Kontribusi sumber ( $S_j$ ) yang terdapat pada reseptor selama periode sampel dengan jangka waktu  $T$  terhadap sumber  $j$  dengan emisi konstan  $E_j$  adalah:

$$S_j = D_j \bullet E_j$$

dimana :

$$D_j = \int_0^T d[\vec{u}(t), \sigma(t), \vec{x}_j] dt$$

$D_j$  merupakan factor dispersi bergantung kepada kecepatan angin ( $u$ ), stabilitas atmosferik ( $f$ ) dan lokasi dari sumber  $j$  berdasarkan reseptor ( $x_j$ ), semua parameter di persamaan 2-3 bervariasi setiap waktu, sehingga factor dispersi langsung,  $D_j$ , harus diintegrasikan selama periode  $T$  (Watson, dalam EPA, 1998).

### 2.10 Dampak Partikulat Terhadap Lingkungan

Partikulat yang dihasilkan oleh aktivitas manusia berpotensi mengakibatkan penurunan kemampuan ekosistem, dikarenakan terdosisnya partikulat ke tanah, yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan reproduksi tanaman. Deposisi logam berat yang

terkandung pada partikulat juga dapat menghambat siklus mineral. Deposisi nitrogen, sulfur, serta efek asam yang ditimbulkannya bersama ion  $H^+$  mengakibatkan asam pada tanah sehingga menghambat pertumbuhan vegetasi (EPA,2004).

### 3. Metodologi Penelitian

#### 3.1. Metode Penelitian

1. Studi literatur mengenai dampak negatif dan aktivitas yang berpotensi menghasilkan  $PM_{10}$
2. Pengumpulan data-data sekunder meliputi data jumlah kendaraan dan aktivitas industri, kualitas udara ambien, tata guna lahan, serta arah dan kecepatan angin di Kota Pekanbaru, Riau
3. Identifikasi profil sumber yang berpotensi menghasilkan emisi  $PM_{10}$  berdasarkan data sekunder dan literatur.
4. Pemantauan konsentrasi dan pengambilan sampel filter  $PM_{10}$  pada kawasan studi stasiun pemantauan Sukajadi, Kota Pekanbaru, Riau
5. Analisa Laboratorium untuk berat dan spesies kimia yang terkandung dalam hasil sampling  $PM_{10}$
6. Pengolahan data dengan program *chemical mass balance* 8.2 (EPA) untuk estimasi kontribusi sumber.

#### 3.2 Teknik Pengambilan dan Pengumpulan Data

Data-data yang dikumpulkan untuk penelitian ini terdiri atas data primer dan sekunder. Adapun data primer yang dikumpulkan antara lain adalah:

1. Pemantauan konsentrasi dan pengambil sampel  $PM_{10}$  selama satu bulan, yang dilakukan secara kontinyu
2. Data arah dan kecepatan angin selama pemantauan dilakukan

3. Konsentrasi spesies kimia yang terkandung di sampel  $PM_{10}$  meliputi elemen, kation, dan anion.

Sedangkan untuk data sekunder yang dikumpulkan antara lain adalah :

1. Data pemantauan kualitas udara, arah dan kecepatan angin historis pada area pemantauan di Kota Pekanbaru, Riau
2. Data tata guna lahan dan aktivitas industri yang ada di Kota Pekanbaru, Riau
3. Profil sumber dalam bentuk fraksi massa ataupun persentase komposisi spesies kimia dari sumber-sumber emisi  $PM_{10}$

##### 3.2.1 Pemantauan Konsentrasi Data Pengambil Sampel $PM_{10}$

Pengambilan sampel filter  $PM_{10}$  dilakukan di stasiun pemantauan Sukajadi, Kota Pekanbaru, Riau, sampel dari  $PM_{10}$  ini diperoleh dengan peralatan BAM-1020  $PM_{10}$  yang berlokasi di stasiun pemantauan.



**Gambar 3.1 Instrumen Pemantau BAM-1020**

(Sumber: Met One Instruments, Inc. 2016)

##### 3.2.2 Data Arah dan Kecepatan Angin

Data ini dilanjutkan dengan pembuatan skema bunga angin atau *windrose* dengan bantuan program *WR Plot View* versi 5.01 dari *Lakes Environmental*.

##### 3.2.3 Data Aktivitas Antropogenik

Data mengenai aktivitas industri didapat dari Biro Pusat Statistik (BPS) dan BLH Kota Pekanbaru, peta tata guna lahan di wilayah

studi didapatkan dari BPN Provinsi Riau, sedangkan untuk kualitas udara ambien beserta arah dan kecepatan angin historis selama tahun 2015-2016 diambil dari pusat pemantauan kualitas udara BLH Kota Pekanbaru.

### 3.4 Teknik Analisis Data

#### 3.4.1 Konsentrasi Spesies Kimia $PM_{10}$

Parameter ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Metode
Seluruh Logam	<i>Inductively Coupled Plasma</i> (ICP-OES)
$K^+$	Ion Chromatography
$SO_4^-$	Ion Chromatography
$NO_3^-$	Ion Chromatography
$Mg^{2+}$	Ion Chromatography
$Cl^-$	Ion Chromatography
$Ca^+$	Ion Chromatography
$Na^+$	Ion Chromatography

Tabel 3.1 Parameter dan Metode Analisis Kandungan  $PM_{10}$

#### 3.4.2 Pengolahan Data dengan Chemical Mass Balance

Analisa kontribusi pencemar  $PM_{10}$  dilakukan dengan metode konservasi massa pada software model reseptor *chemical mass balance* versi 8.2 dari EPA. Proses analisa ini dilakukan sebagai proses iterasi, dengan menyesuaikan konsentrasi spesies kimia dalam  $PM_{10}$  yang telah dianalisa di laboratorium dengan data-data mengenai profil sumber pencemar yang telah dikumpulkan. Hasil (output) dari model ini merupakan konsentrasi  $PM_{10}$  total, beserta simpangan bakunya.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Hasil

Konsentrasi  $PM_{10}$  yang terdeteksi pada lokasi ini disimpulkan secara rata-rata pada tabel, nilai ini dapat dibandingkan dengan standar baku mutu udara ambien yang ditampilkan pada tabel 2.1. pemantauan tertinggi selama periode penelitian (Oktober 2015-Maret 2016) adalah pada nilai konsentrasi harian  $PM_{10}$   $656,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  yang tercatat pada tanggal 21 Oktober 2015, ambang batas ini jauh melewati ambang batas harian  $PM_{10}$  nasional yaitu  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  begitu pula apabila dibandingkan dengan baku mutu  $PM_{10}$  dari NAAQS US-EPA yaitu  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Waktu Pemantauan	Konsentrasi $PM_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Simpangan Baku ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
September	310,31	80.21
Oktober	247,10	44.56
November	20,39	9.14
Desember	18,47	7.3
Januari	18,82	10.66
Februari	20,66	7.76
Maret	25,31	8.8

Tabel 3.2 Parameter dan Metode Analisis Kandungan  $PM_{10}$

Berdasarkan tabel ini dapat dilihat bahwa konsentrasi  $PM_{10}$  tertinggi berada pada bulan September 2015 yaitu  $310,31 \pm 80.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sedangkan yang terendah pada bulan Desember 2016. Hal ini kemungkinan disebabkan karena tingginya curah hujan pada bulan Desember ini.

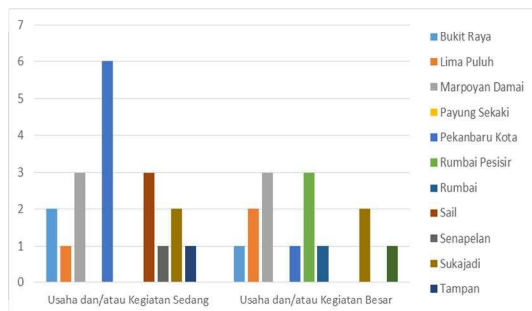
#### 4.1.1. Sumber-sumber Emisi $PM_{10}$ di Kota Pekanbaru

Sumber-sumber ini dikaitkan dengan data-data pendukung untuk aktivitas, penggunaan lahan dan kondisi meteorology setempat, yang mencakup:

- Data arah angin dan kecepatan angin yang mempengaruhi area reseptor
- Lokasi pemantauan PM<sub>10</sub> Jl. Sukajadi dihubungkan dengan tata guna lahan setempat.
- Inventarisasi data untuk usaha dan/atau kegiatan menengah dan besar serta jenisnya.

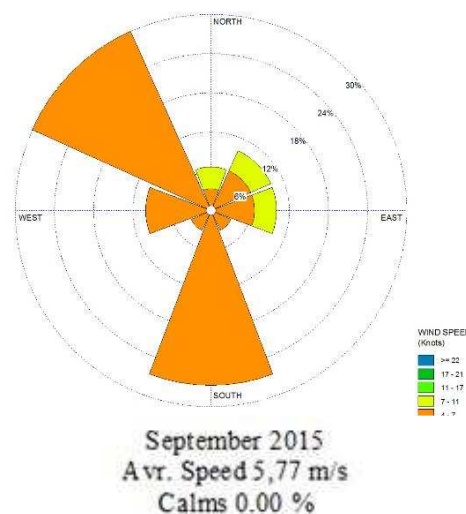
#### 4.1.2. Inventarisasi Usaha dan/atau Kegiatan Menengah dan Besar

Dari grafik dapat dilihat bahwa jumlah usaha dan/atau kegiatan di kota Pekanbaru sangat banyak dan bervariasi jumlah maupun jenisnya. Emisi yang dikeluarkan tidak dapat ditentukan dengan batas, namun sangat penting untuk diketahui bahwa tidak semua emisi dari usaha dan/atau kegiatan yang tertangkap di sampel reseptor, terutama untuk jarak yang cukup jauh.



Gambar 4.1 Grafik Jumlah Usaha dan/atau Kegiatan di Tiap Kecamatan di Kota Pekanbaru

#### 4.1.3. Arah dan Kecepatan Angin



Gambar 4.2. Bunga Angin Selama September 2015 di Stasiun Meteorologi Kelas II Simpang Tiga Pekanbaru

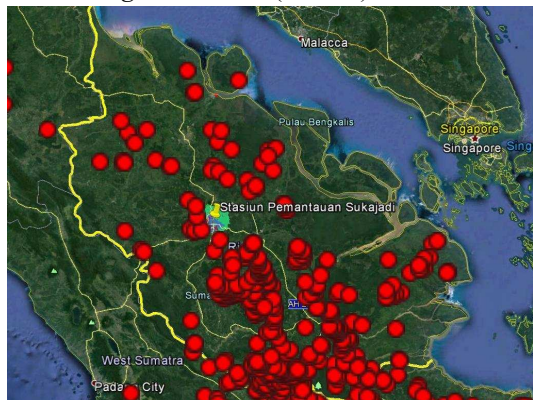
Pada bulan September arah angin yang sangat dominan berasal dari arah selatan dan barat daya hamper 90%, Apabila data arah dan kecepatan angin dihubungkan dengan penggunaan lahan (gambar peta tata guna lahan) di kota Pekanbaru, maka akan dapat dilihat bahwa wilayah di bagian selatan dari stasiun pemantauan Sukajadi yang mana merupakan di wilayah utara dari Stasiun meteorologi tersebut cukup banyak kemungkinan sumber yang muncul baik dari industri, usaha dan kegiatan yang mencemari udara dan juga perkebunan.

#### 4.1.4 Timbulan Titik Panas (*Hotspot*)

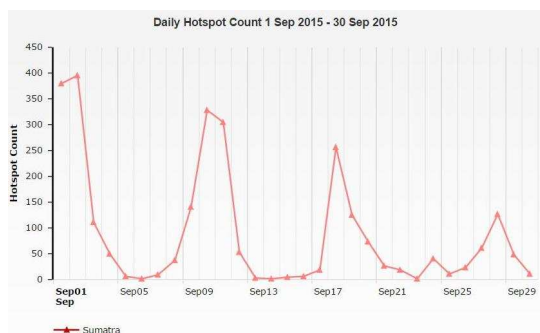
Jumlah titik panas/*hotspot* akan mengindikasikan banyaknya titik yang mewakili jumlah lokasi terjadinya kebakaran vegetasi (Thoha, 2008). Jumlah titik panas yang terpantau di Pulau Sumatera selama periode Bulan September 2015 yang disamakan dengan periode pengambilan data konsentrasi PM<sub>10</sub> ini, diambil melalui satelit NOAA (*Natinal Oceanic and Atmospheric Administration*) yang



diolah melalui ASEAN Specialized Meteorological Centre (ASMC).



Gambar 4.3 Peta Persebaran Titik Panas (Hotspot) Pulau Sumatera September 2015



Gambar 4.4 Grafik Jumlah Titik Panas (Hotspot) Pulau Sumatera September 2015

(Sumber : ASEAN Specialized Meteorological Centre, 2016)

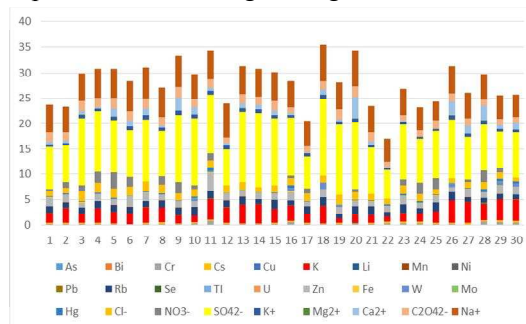
Berdasarkan grafik yang terdapat pada Gambar 4.5, Jumlah titik panas/ *hotspot* yang terdapat di Pulau Sumatera pada Bulan September 2015 terpantau fluktuatif. Jumlah titik panas tertinggi yang terpantau melalui satelit NOAA ini terjadi pada 2 September 2015 dengan jumlah *hotspot* sebesar 395 titik. *Hotspot* yang terpantau kembali mengalami kenaikan sebesar 328 titik pada 10 September dan 256 titik pada 18 September 2015. Jumlah *hotspot* terus mengalami penurunan hingga mencapai jumlah terendah titik panas yaitu sejumlah 1 titik yang terjadi pada tanggal 23 September 2015 dan mengalami kenaikan kembali pada 28 September dengan 127 titik sebelum akhirnya

turun kembali pada 30 September 2015 dengan 11 titik panas.

## 4.2. Komposisi Kimia PM<sub>10</sub>

### 4.2.1 Komposisi Sampel Reseptor PM<sub>10</sub>

Rata-rata komposisi kimia didominasi oleh SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> yaitu sebanyak 3,4% dari rata-rata total massa sampel yang dapat muncul sebagai partikel primer (langsung diemisikan dari sumber) seperti emisi mesin diesel maupun sebagai partikel sekunder (terbentuk akibat reaksi di atmosfer). Komposisi K juga cukup besar yaitu 0,84% dari rata-rata total massa sampel. Sumber-sumber dari logam-logam seperti Zn, Pb, dan Hg kurang lebih 0,55%.



Gambar 4.5 Grafik Komposisi Spesies Kimia pada Sampel PM<sub>10</sub> Sukajadi bulan September 2015

### 4.2.2 Penyusunan Sumber Potensial

Berdasarkan korelasi antar elemen beserta sumber yang potensial maka disusunlah sumber potensial yang terdapat di kota Pekanbaru yang disimpulkan berdasarkan penggunaan lahan di kota Pekanbaru, dan data bunga angin selama pemantauan dan pengambilan sampel PM<sub>10</sub> dan analisis korelasi. Adapun sumber-sumber tersebut antara lain:

- Debu yang terdiri atas debu tanah (*soil dust*), debu akibat erosi angin (*windblown soil*) dan debu yang tersuspensi kembali (*resuspended soil*).
- Transportasi (Gesekan ban kendaraan pada jalan,
- Industri



- Pembangkit Listrik bertenaga uap dan diesel
- Aerosol Sekunder
- Kebakaran Lahan

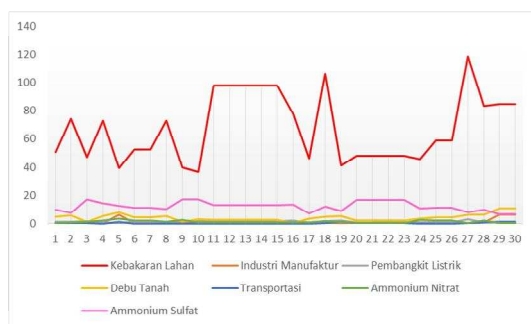
Sumber-sumber ini berfungsi sebagai data input profil sumber model CMB.

### 4.3. Penentuan Kontribusi $PM_{10}$

#### 4.3.1 Penyusunan Profil Sumber CMB

Penyusunan profil sumber debu tanah, industri manufaktur, transportasi, pembangkit listrik, pembakaran vegetasi, dan pembakaran lahan dilakukan dengan program speciate versi 4.4 Sedangkan untuk profil sumber dari ammonium nitrat dan sulfat diambil dari penelitian oleh Chow et.al, (1992) mengenai kontribusi partikulat di San Joaquin Valley, California, yang juga telah sering digunakan sebagai profil sumber pada penelitian kontribusi partikulat terhadap udara ambien.

#### 4.3.2 Estimasi Kontribusi dengan Aplikasi Permodelan CMB



Gambar 4.6 Grafik Kontribusi Sumber Pencemaran Udara Per Hari

Dari hasil hasil perhitungan CMB, kontribusi dari kebakaran vegetasi, kebakaran lahan, dan ammonium sulfat (sumber partikel sekunder) merupakan sumber yang paling signifikan dari pencemaran udara  $PM_{10}$ . Kebakaran lahan memberikan kontribusi sebesar 76.45%, debu tanah sebesar 4.8%, dan ammonium sulfat sebesar 13.94% dari massa  $PM_{10}$ . Sementara sumber lainnya, industri, pembangkit listrik,

debu tanah, transportasi, dan ammonium nitrat memberi kontribusi sekitar 0-2% dari massa  $PM_{10}$ . Dari total massa yang dihitung oleh model CMB, terdapat kurang lebih 71.57% massa yang tidak terkuantifikasi. Hal ini dapat disebabkan oleh sumber lain yang tidak teridentifikasi pada wilayah pemantauan. Namun hal ini masih dalam batas toleransi karena dalam CMB,  $PM_{10}$  dapat diperkirakan kontribusinya pada nilai massa dihitung minimal 20%

#### 4.3.3 Kebakaran Lahan

Perbedaan kebakaran lahan dengan kebakaran vegetasi adalah kebakaran lahan disebabkan oleh terbakarnya tanah gambut yang merupakan tanah yang tersusun dari bagian-bagian pohon yang sudah lapuk atau mati yang ditimbun menggunakan alat berat sehingga dapat menjadi tanah yang banyak sekali ditemukan di Provinsi Riau, oleh karena itu tanah gambut sangat mudah terbakar pada musim kemarau. Pada hasil analisis CMB, didapatkan bahwa nilai K dan  $SO_4^-$  dan  $NO_3^-$  merupakan elemen yang berkorelasi dengan sumber ini.

#### 4.3.4 Industri

Pada output CMB, berdasarkan keseluruhan sampel yang dianalisa, sumber dari industri tidak begitu memberikan kontribusi yang signifikan. Hal ini mengingat kecilnya kuantitas industri yang berada di wilayah Sukajadi dan sekitarnya, ditambah dengan angin yang tidak begitu dominan berasal dari area yang didominasi oleh kawasan Industri yaitu Kec. Rumbai dan Rumbai Pesisir di sebelah utara Sukajadi (Gambar 4.1). Industri-industri yang ada di wilayah Sukajadi cukup beragam jenisnya, namun kebanyakan berada dalam skala menengah dan skala kecil, sehingga kontribusi yang dihasilkannya tidak begitu besar, adapun berdasarkan analisis menggunakan CMB diketahui bahwa As, Fe, Pb, Zn, dan  $SO_4^-$  merupakan elemen untuk

sumber Industri di area Sukajadi yang cukup signifikan.

#### 4.3.5 Pembangkit Listrik

Pembangkit Listrik yang umumnya mempunyai boiler atau cerobong juga memiliki kontribusi pada massa  $PM_{10}$  yang ditemukan di area Sukajadi, namun melihat hasil analisis permodelan menggunakan CMB diperoleh data yang menunjukkan pengaruh dari pembangkit listrik tidak begitu signifikan pada area tersebut hal ini juga disebabkan oleh bunga angin yang tidak begitu dominan berasal dari area yang didominasi oleh kawasan Pembangkit Listrik yaitu PLTU, dan PLTA yang berada di daerah Kec. Tenayan Raya sehingga kontribusi yang dihasilkannya tidak begitu besar. Berdasarkan analisis CMB parameter Fe, dan Ni merupakan elemen untuk sumber Pembangkit Listrik.

#### 4.3.6 Debu Tanah

Profil sumber debu tanah hasil gabungan dari berbagai penelitian (SDUST) menghasilkan model CMB yang paling sesuai. Sumber-sumber emisi yang ada dapat menghasilkan konstituen yang sama. Perkiraan kontribusi emisi dari kategori sumber  $PM_{10}$  di area Sukajadi dapat dilakukan berdasarkan hasil CMB untuk profil sumber. Pada hasil analisis dengan CMB, didapatkan bahwa nilai Fe, dan K cukup signifikan. Hal ini menandakan sumber-sumber ini didominasi oleh tanah yang mengandung banyak elemen ini.

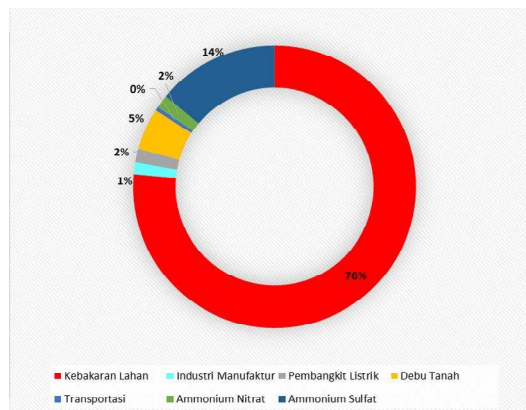
#### 4.3.7 Transportasi

Estimasi kontribusi untuk emisi dari sumber bergerak memiliki jumlah yang tidak terlalu signifikan dari total kontribusi, dengan nilai 0,45%. Hal ini besar kemungkinan karena hampir seluruh perkantoran dan kegiatan di Kota Pekanbaru lumpuh akibat pekatnya udara dan bahayanya indeks ISPU di Kota tersebut. Profil TRANS2 yang merupakan gabungan dari kontribusi berbagai emisi kendaraan, pemakaian rem, ban, emisi akibat gesekan dengan aspal, serta emisi yang tersuspensi

kembali (*resuspension*). Profil ini diambil dari EPA Speciate versi 4.4 database yang banak mengandung beberapa logam penanda yang berhubungan dengan deposit emisi dari kendaraan bermotor, seperti Pb, dan Fe merupakan elemen-elemen utama yang dihasilkan dari pembuangan dari proses pembakaran kendaraan bermotor.

#### 4.3.8 Partikel Sekunder

Ammonium nitrat memberikan kontribusi dari 1.5% dari total massa rata-rata dari keseluruhan sampel yang diuji. Kontribusi ammonium sulfat lebih besar berada pada kisaran 13.94% dari total massa  $PM_{10}$  yang terhitung. Proses pembakaran (kendaraan bermotor, pembakaran kayu, boiler) mengeluarkan gas  $NO_x$  yang dapat berubah menjadi partikel nitrat pada atmosfer. Kendaraan diesel dan pembakaran batubara merupakan sumber utama dari gas  $SO_2$ , gas precursor dari partikel sulfat. Partikel-partikel sekunder ini merupakan partikel halus dan dapat berpindah pada jarak yang jauh.



Gambar 4.9 Grafik Pie Chart Persentase Estimasi Kontribusi Sumber  $PM_{10}$

#### Kesimpulan

1. Pemantauan yang dilakukan pada bulan September 2015, Oktober 2015 terhadap konsentrasi  $PM_{10}$  di wilayah pemantauan Sukajadi menunjukkan bahwa secara rata-rata nilai masih ada di atas baku mutu  $PM_{10}$  nasional ( $150 \mu g/m^3$ ), dengan nilai harian tertinggi  $569 \mu g/m^3$  pada tanggal 23 Oktober

2015 dan nilai jam tertinggi pada pukul 15.30 tanggal 14 September 2015 yaitu  $898,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Jika mengacu pada standar NAAQS dari US EPA dengan baku mutu tahunan ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),  $\text{PM}_{10}$  di wilayah ini sangat berbahaya.

2. Komposisi seluruh sampel  $\text{PM}_{10}$  selama 3 bulan yang dikumpulkan menunjukkan  $\text{K}$  dan  $\text{SO}_4^-$  merupakan spesies kimia yang paling dominan dengan kandungan masing-masing  $2,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dan  $10.58279 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

3. Aplikasi dari model CMB 8.2 terhadap konsentrasi  $\text{PM}_{10}$  menghasilkan nilai kontribusi  $\text{PM}_{10}$  antara lain 76,45% kebakaran lahan, 15,44% partikel sekunder, 4,8% dari debu tanah, pembangkit listrik sebesar 1,56%, serta sumber industri dan transportasi masing-masing 1,31% dan 0,44%.

#### Saran

1. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut terkait profil-profil sumber utama partikulat local di kota Pekanbaru sehingga akan memberikan hasil yang lebih memuaskan dibandingkan dengan profil sumber dari literatur atau speciate

2. Perlu dilakukan analisa spesies kimia yang lebih banyak, karena semakin banyak analisa spesies kimia yang terukur, perhitungan kontribusi sumber akan lebih detail.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Budiyo, Afif. 2001. Pencemaran Udara : Dampak Pencemaran Udara pada Lingkungan. *Jurnal Berita Dirgantara* Vol. 2 No. 1
2. Buttini, P., dan Mattiot, F. Polla. 1999. *A Chemical Mass Balance Approach for Impact Assessment in Urban Area*. 7th Int. Conf. on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Roma.

3. Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). 2003. *Atmospheric Science of Particulate Matter: Update in Support of the Canada-wide Standards for Particulate Matter*. Winnipeg: Manitoba R3C 1A3 ISBN 978-1-896997-99-5 PDF

4. Chow, J. C. dan J.G. Watson. 1994. *Particles and Gas Measurements on Filters*, in *Sampling of Environmental Materials for Trace Analysis*. Weinheim: B. Markert, ed., VCH, Federal Republic of Germany

5. Cooper, C. D. dan Alley, F.C. 1994. *Air Pollution Control a Design Approach. 2nd Edition*. United States: Waveland Press. Inc

6. Crawford, M. 1980. *Air Pollution Control Theory*. New York: TMH ed. Mc Graw Hill Inc.

7. Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius

8. Gehrig, Robert., Christoph Guhlin, dan Peter Hover. 2001. *Contributions of Road Traffic to Ambient  $\text{PM}_{10}$  and  $\text{PM}_{2,5}$  Concentrations*. Ascona: Swiss Transport Research Conference. Conference Paper STRC

9. Haq, Gary., Wha-Jin Han, Christine Kim, dan Harry Vallack. 2002. *Benchmarking Urban Air Quality Management and Practice in Major and Mega Cities of Asia*. Seoul: United Nations Environmental Programme

10. Haupt, Sue Ellen, dan Young, George S. 2004. *Validation of Receptor/Dispersion Model Coupled with a Genetic Algorithm*. Pasadena: Pennsylvania State University

11. Havendri Adly, 2008, *Kaji Eksperimental Prestasi dan Emisi Gas Buang Motor Bakar Diesel Menggunakan Variasi Campuran Bahan Biodiesel Minyak Jarak (*Jatropha curcas* l) dengan Solar*.

- Padang: Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas
12. Hopke, P.K. 1991. *Receptor Modelling for Air Quality Management*. Amsterdam: Elsevier Press
13. Hsu, Y.-K., T. M Holsen, dan P.K Hopke. 2003. *Locating and Quantifying PCB Sources in Chicago: Receptor Modelling and Field Sampling*. Environ. Sci. Technol. 37, 681-690.
14. Jimoda, L. A. 2012. *Effects Of Particulate Matter On Human Health, The Ecosystem, Climate And Materials: A Review*. Nigeria: Department of Chemical Engineering, Ladoke Akintola University of Technology, Ogbomosho
15. Lazaridis, Mihalis., Arne Semb, dan Oystein Hov. 1999. *Long-range Transport of Aerosol Particles : A Literature Review*. Kjeller: Norwegian Institute for Air Research
16. Lily, Panyacosit. 2000. *A Review of Particulate Matter and Health: Focus on Developing Countries*. Schlossplatz: International Institute for Applied System Analysis.
17. Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe. 1998. *Reduction of SO<sub>2</sub> and Particulate Emmisions: Synthesis Report*. Hungary: ProTertia
18. Soedomo, M. 2001. *Pencemaran Udara*. Bandung: ITB Press
19. Soemarwoto, Otto 2004. *Buku Ekologi Lingkungan Hidup Dan Pembangunan*. Jakarta: Djambatan.
20. Stefan S., Balaceanu, C. 2004. *The Assessment of the TSP Particulate Matter in the Urban Ambient Air*. Romanian Reports in Physics, Volume 56, No. 4, p, 757-768
21. Thoha, Achmad Siddik. 2008. *Penggunaan Data Hotspot untuk Monitoring Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia*. Medan: USU Repository
22. Tobing, L. Bonggas dan Mustafriend Lubis. 2007. *Hubungan Intensitas Polusi Isolator Jaringan Distribusi di Sumatera Utara dengan Jarak Lokasi Isolator dari Pantai*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara. Vol. 7, No. 2, September 2007: 63-67.
23. U.S. Environmental Protection Agency. 1998. *Air Quality Criteria for Particulate Matter. North Carolina: National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development Research Triangle Park*
24. U.S. Environmental Protection Agency. 2004. *Air Quality Criteria for Particulate Matter. Vol 1. North Carolina: National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development Research Triangle Park*
25. U.S. Environmental Protection Agency. 1998. *CMB8 Application and Validation Protocol for PM<sub>2,5</sub> and VOC*. North Carolina: Office of Air Quality Planning and Standard Research Triangle Park
26. U.S. Environmental Protection Agency. 2001. *CMB8 User's Manual*. North Carolina: Office of Air Quality Planning and Standard Research Triangle Park
27. U.S. Environmental Protection Agency. 2001. *Preparation of Fine Particulate Emission Inventories*. North Carolina: Air Pollution Training Institute (APTI) Research Triangle Park
28. Vallius, Marko. 2005. *Characteristics and Sources of Fine Particulate Matter in Urban Air*. Kuopio: National Public Health Institute Department of Environmental Health Unit of Environmental Epidemiology

29. Wardhana, W. A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi
2010. *Dampak Pemanasan Global*. Yogyakarta: Penerbit Andi
30. World Health Organization (WHO) Working Group. 2003. *Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Nitrogen Oxide, and Ozone*. Copenhagen: Health Documentation Services of WHO.
31. Yuanhang, Zhang., Zhu Xianlei, Slanina Sjaak, Shao Min, Zeng Limin, Min Hu, Michael Bergin, dan Salmon Lynn. 2004. *Aerosol Pollution in Some Chinese Cities*. *Pure Appl. Chem. Vol. 76, No. 6, p. 1227-1239*. International Union of Pure and Applied Chemistry